

令和元年6月28日現在

機関番号：55502

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01304

研究課題名（和文）地方沿岸部での使用を考慮した密漁監視システム

研究課題名（英文）Poaching Surveillance System to Protect Fisheries Resources of Local Coastal Area

研究代表者

岡村 健史郎（OKAMURA, Kenshiro）

大島商船高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：60194388

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：近年、沿岸付近での犯罪が多発している。特に密漁は増加の一途で、社会的な問題となっている。本研究は、サーマルカメラと小型コンピュータを用いることで、昼夜を問わず自動監視が可能で、構築及び維持管理が低コストで行える沿岸領域を対象とした監視システムの構築を可能にした。

まず、複数のパーティクルフィルタを用いて、実空間座標上での複数物体追跡を行った。これにより物体のサイズや位置の推定が可能になり、誤検出を大きく減らすことが可能になった。更に、これらの手法を小型コンピュータ上で動作可能であることを確認した。また、衛星測位システムを利用することで、海上領域を対象にカメラキャリブレーションを可能にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

沿岸付近での密漁事犯は増加の一途で、その被害も大きく、社会的な問題となっている。犯罪の多くは、取り締まりが困難な夜間に発生しているが、これに対処するための監視システムの導入とその維持コストが大きな負担になっている。

本研究は、サーマルカメラと小型コンピュータを用いることで、昼夜を問わず自動監視が可能で、構築及び維持管理が低コストである自動監視システムの構築を可能にした。この研究により、従来では監視が不可能であった地方の小規模な漁業組合が管理する漁場や漁港で発生している犯罪の防止にも寄与することができる。

研究成果の概要（英文）： In recent years, the number of poaching events of fisheries resources in coastal areas are increasing. Therefore, the surveillance system which can detect and track the objects day and night are needed. The thermal cameras are effective tools for finding objects which are considered as poachers and their ships. But, the cost of monitoring coastal area manually is very high. So, we have adopted thermal cameras which have uncooled image sensor and small computers. These components can help building low cost surveillance system.

First, we have developed multiple particle filters which can track objects on real coordinate axes that are set on the target area. Next, we correct the outputs of the system using the sizes and the positions of detected objects. Finally, we have developed the method of geometric camera calibration for finding extrinsic parameters on the sea area.

研究分野：情報工学

キーワード：密漁 沿岸警備 移動物体追跡 安心安全 地方漁業

1. 研究開始当初の背景

(1) 密漁事犯の増加と監視コストの増加

近年、沿岸付近での犯罪が多発している。特に、密漁犯罪は増加の一途で、その被害も甚大なものになっている。更には、密漁が暴力団などの反社会組織の資金源になるという問題が発生している。各漁業組合ではこれに対応するため、レーダーと赤外線カメラを用いた大掛かりな陸上監視施設を国の補助制度を使って設置し、人手による常時監視と高速艇の導入により密猟を防いでいるが、運用のコストが高く、導入した漁業組合では大きな問題となっている。

(2) 漁業組合の高齢化と小規模化

地方の漁場や漁港を管理する小規模な漁業組合の多くは、高齢化、小規模化が進み、監視施設を導入する余裕が無い。特に近年、水産物の価格高騰やグルメ志向により、遊漁者による小規模な密漁が多発し、貴重な地方の水産資源が枯渇化するなどの被害が出ている。

(3) 監視機器の高性能化と低価格化

沿岸監視システム構築に必要なカメラ、コンピュータ、ネットワーク、電源において、低コスト化という大きな変化が起きている。例えば、非冷却型マイクロボロメータ方式の撮像素子をもつ遠赤外線カメラが、監視用カメラとして注目されている。更にコンピュータにおいては、LinuxやWindowsなどのOS上で、様々な周辺機器が動作可能な小型コンピュータが注目を集めている。

2. 研究の目的

(1) 背景が大きく変動する海面領域を含む領域を対象に精度良く物体を抽出する技術の開発

海面を含む領域を対象に、物体の検出を画像処理によって行うためには、天候の変化、波浪、などによって発生する画像の明度変化に対応する必要がある。この問題に対して、本研究では、検出した物体の実空間領域（以降、三次元空間と記すことがある）上でのサイズ、位置、存在時間などを手がかりに、背景の誤検出を訂正することで、検出精度の向上を行う。

(2) 昼夜を問わず沿岸領域を監視可能な安価なシステムの構築

地方の小規模な漁業組合が管理する漁場までも含めて監視するには、小型で安価な自動監視システムの開発が必要となる。本研究では、普及が予想される非冷却型マイクロボロメータ方式の撮像素子をもつサーマルカメラと、高性能化が進む小型コンピュータを用いることで、低価格なシステム構築を可能とする。

(3) 背景モデルを容易に構築するための背景データベースシステム構築

海面を含む画像は、天候の変化、波浪、潮の干満、浮遊物の位置変化などの様々な要因による明度変化が発生する。本研究では、海面を移動する船舶や陸上部の人物や車両を含む、数キロメートル四方の沿岸領域を数年間という長期間にわたり継続的に撮影することで、背景モデルの妥当性や検出精度の評価が可能な画像データベースを作成する。さらに、データベースから必要な学習画像を用いて背景モデルを更新することで、精度向上を図る。

3. 研究の方法

(1) 精度良く進入物体を検出・追跡するための方法～物体のサイズと存在時間を手がかりとした

検出結果の訂正

本研究では、複数物体を対象に、実空間上での位置、移動速度、サイズ及び存在時間を求めるために、複数のパーティクルフィルタを同時に用いる。パーティクルフィルタは多数の粒子(パーティクル)を用いて、前状態からの予測と現在の観測情報から、現在の状態を推定する手法である。本研究は、粒子集団を仮想的に三次元空間に複数配置し、粒子の分布状況から、実空間上での物体サイズなどを推定した。更に、これらの結果を用いて、海面などの誤検出を訂正する。

(2) 衛星測位システムを利用したカメラキャリブレーションの容易化

本研究では、監視領域に三次元座標系を設定し、この座標系で構成される空間を考える。この三次元空間における点と、この点を含む領域をカメラで撮影したときに得られる二次元画像上の点とを対応付けるためには、カメラのパラメータ行列を決定するための処理であるキャリブレーション処理が必要となる。この処理では、領域内の複数点の三次元座標を、設定した座標系に沿ってレーザー距離計や巻き尺などを用いて測定する。しかしながら、海上において巻き尺やレーザーメータなどの使用は難しい。そこで、海上での座標測定処理を簡略化するために、日本版測位衛星「みちびき」も利用可能な測位機器を用いて緯度及び経度を測定し、これによって三次元空間座標を決定した。

(3) 小型コンピュータを用いたシステム構築

低コスト化を図るため、サーマルカメラが接続された小型コンピュータ上に検出システムを構築し、検出結果を、インターネットを用いて通報するシステム構築を行う。

(4) 背景モデルの構築効果の確認と背景モデル評価用データベースの作成

固有空間法を用いて領域の背景モデルを作成するときに、入力画像を使って固有空間を学習により変更することで背景の変動に対応する。更に、背景モデルが背景変動に対して頑健であることを評価できるよう、長期間にわたり沿岸部分を撮影記録することで、背景モデルを評価するためのデータベースの作成を行う。

4. 研究成果

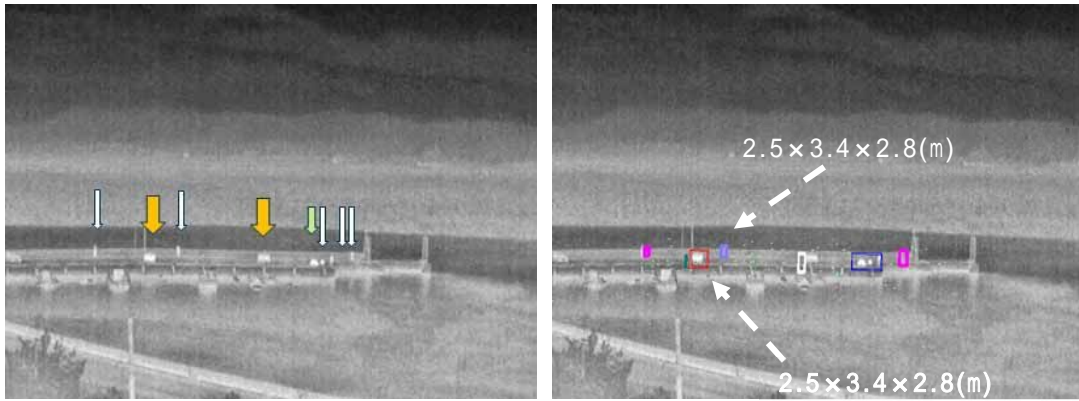
(1) 複数のパーティクル集団による複数物体追跡

パーティクルフィルタとは複数の粒子を用いて、現在の状態を推定する手法である。本研究では三次元上の状態ベクトルを各粒子に対して考える。物体は立方体と仮定し、その大きさは、XY(水平)平面における粒子の分布の分散が最大となる方向とこれに直交する方向及びその分散量から決定する。粒子の尤度は、三次元空間上の粒子を二次元画像の座標に投影し、その座標を含む入力画像のブロックを固有空間に投影し、その射影量から決定する。本手法では、学習画像を小ブロックに分割し、ブロック毎に主成分分析を行い、ブロック毎に固有ベクトルを求めた。

図1に沿岸領域をサーマルカメラで撮影し、本手法を用いて物体を検出した例を示す。(a)では、入力画像で、黄色矢印の先に車両が2台、白矢印の先に人物及び荷物が合計6個ある。(b)では、入力画像に対して検出した三次元上の物体を立方体で表現し、これを画像に投影している。この検出において、中央の車両サイズは、幅2.5m、奥行き3.4m、高さ2.8mとなり、実サイズに近い値を推定した。また、これらの三次元空間上での座標位置も同時に推定できた。このように物体のサイズ、位置及び存在時間も推定できるため、海面における誤検出などを大きく減らすことが可能になった。

表 1 測定機器の違いによるキャリブレーション誤差の比較（単位：画素）

	巻き尺測定	測位機器測定
横軸方向	1.00	32.41
縦軸方向	1.00	2.46



(a)入力画像（矢印の先が物体） (b)検出結果（物体領域を立方体で表示）

図 1 沿岸にある領域を対象に進入物体の検出を行った例

(2) 衛星測位システムを利用した海上におけるカメラキャリブレーションの容易化

領域内の複数点の三次元座標を、日本版測位衛星「みちびき」も利用可能な測位機器を用いて緯度及び経度を測定し、これによって三次元空間座標を決定した。具体的には、目印となる熱源を含む小型船舶で監視領域を移動し、これをサーマルカメラで撮影し、船舶上で画像を WiFi ネットワーク経由で取得すると同時に測位機器を用いてその熱源の緯度経度を測定した。図 2 に、船上

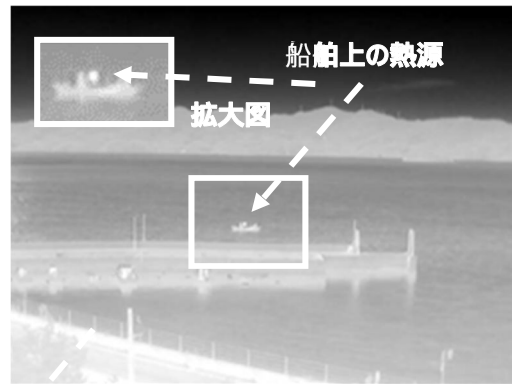


図 2 海上でのキャリブレーションの様子

て取得した領域画像を示す。図 2 中の拡大図における中央の白い点が熱源で、画像中の座標を読み取ることが可能であった。船舶はおよそカメラから約 600m 離れた海上を移動した。これにより、画像における熱源の画像座標とその熱源の緯度経度を対応付ける事が可能になり、海上でのキャリブレーションが可能であることも確認した。地上部において巻き尺を用いた場合と海上部（小型船にて移動）において測位機器（GARMIN GPSMAP64s）を用いた場合のキャリブレーションの精度誤差を表 1 に示した。陸上において巻き尺を用いた場合の誤差が 1 画素であったものの、測位機器を用いた場合は 32 画素よりも大きくなった。

順天衛星が 7 機体制（現在 4 機）になり、位置補正情報が利用出来ると位置誤差が現状の 100 分の 1 以下になると言われている。キャリブレーション精度に関しては今後も検討を行う予定である。

(3) 小型コンピュータを用いたシステム構築

広大な沿岸領域を対象に、天候、時間による背景変動に対して頑健な検出・追跡性能を持つ安価な自動監視システム構築のため、

- ・ 小型コンピュータシミュレータの構築と小型コンピュータ上での動作可能な手法の開発
- ・ 広大な沿岸領域を対象に複数のカメラからデータを集中できるシステムの構築

を行った。

まず、高性能コンピュータ上で、従来、単一物体のみの検出・追跡であった手法を、先入れ後出し構造を持つスタックによる検出物体管理を用い、長い時間連続して検出されている結果を積極的に採用することで、容易に複数物体を同時に追跡できるように改良した。

次に、この手法を小型コンピュータ Raspberry Pi に移植した。この時、利用する画像サイズを半分にすることで毎秒 1 回の検出を行い、それらを連続して追跡できることを確認した。また、市販の持ち運び可能な安価なソーラパネル(5.5W)とバッテリーを組み合わせ、小型コンピュータを用いて物体の検出を行い、この時の画像をメールで送信できることも確認した。この時、システム開発を容易にするために、小型コンピュータ Raspberry Pi のシミュレータを高性能マシン上に構築した。また、普及化のため、この高性能マシンのイメージを用いて、システムを容易に複製できることも確認した。

(4)背景モデルの構築効果の確認と背景モデル評価用データベースの作成

本研究では、広大な沿岸領域を対象に、天候や時間による背景変動に対して頑健な進入物体の検出と追跡を安価なシステム用いて実現する手法を研究してきた。この間、夜間も監視可能なサーマルカメラを複数台設置し、実際の漁場を対象に、数年間にわたって昼夜を問わず監視画像を蓄積してきた。これらの画像を蓄積したことで、背景画像のモデルの構成方法だけでなく、様々な背景変動に対する監視システムの検出性能を実用的に評価することが可能となった。

これらの監視画像を用いて、基本背景画像集合に対して約 1 ヶ月前の背景画像を混合して固有ベクトルを求めることで天候や時間による背景変動に対して頑健な進入物体の検出が出来ることを確認した。

(5)今後の展開への準備

以上の成果により、沿岸領域に侵入してくる船舶を検出することは可能になったが、それらが違法漁業を行う可能性のある不審船かどうかは分からない。そのため、本手法により船舶を発見しても、最終的には、現場での目視に頼らざるを得ないところが密漁監視における最も大きな問題である。

一方、近年、AIS(船舶自動識別装置)を搭載する船舶が急増している。AISは搭載船の船名や位置を定期的に発信し、これらの情報を互いに共有することが可能である。そこで、サーマルカメラと画像処理を用いた自動監視において、画像処理により検出した物体とAIS信号にある船舶名・位置情報を関連付け、不審船可能集合の中から登録された漁船に該当する船舶を除く処理を自動化することで、不審船を発見する手法の開発を目指している。現在、簡易AIS機器の取り付けが普及するよう、簡易AIS信号への情報の追加手法とその表示システムの開発を行っている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

M. Urakami, H. Motogi, T. Sunada, K. Okamura, T. Watanabe and N. Wakabayashi, Design and

evaluation of a utility tool for recorded class B AIS data in an unstable maritime environment ,
International Journal of Space-Based and Situated Computing ,査読有り ,Vol. 8, No.4, 2018 ,
188 - 195

DOI 10.1504/IJSSC.2018.10020025

岡村健史郎 ,松村遼 ,湾岸領域自動監視を目的とするサーマルカメラを用いた複数物体追跡 ,
大島商船高等専門学校紀要 , 査読無し , 第 49 号 , 2016 , 21-27

〔学会発表〕(計 6 件)

岡村健史郎 ,松村遼 ,視点固定型サーマルカメラを用いた湾岸領域監視 , 電子情報通信学総
合大会 , 2018

松村遼 ,米本匡希 ,行平真也 ,Convolutional Neural Network による漁業種類認識 , 日本航海
学会 , 2018

伊東萌樹 ,松村遼 ,北風裕教 ,小水力発電装置を応用したカワウ検出システムの構築 - シス
テム消費電力量と発電量についての考察 - , 電子情報通信学会総合大会 , 2018

岡村健史郎 ,松村遼 ,サーマルカメラを用いた湾岸領域自動監視システム , 第 68 回 電気・
情報関連学会中国支部連合大会 , 2017

藪本一真 ,岡村健史郎 ,カラス被害対策に用いるネットワークカメラのパン・チルト制御 ,
電気学会中国支部 第 9 回高専研究発表会 , 2017

近藤晴香 ,福田祐樹 ,井上仁志 ,大内清香 ,浦上美佐子 ,岡村健史郎 ,津波避難対策のため
の ICT-DIG システムの開発 , 電子情報通信学会総合大会 , 2016

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名 : 松村 遼

ローマ字氏名 : MATSUMURA, Ryo

所属研究機関名 : 大島商船高等専門学校

部局名 : その他部局等

職名 : 助教

研究者番号 (8 桁) : 20734768